

Geotechnischer Bericht
zum Bauvorhaben Kurz Immobilien GbR
Spitzsteinstraße, T.a. Fl.-St. 383/4
in 83088 Kiefersfelden

In der Mörschgewanne 16
67065 Ludwigshafen
Telefon 0621/5 49 60 - 70
Telefax 0621/5 49 60 - 99
E-Mail: info@clayton.de
Web: www.clayton.de

Firmensitz: 67065 Ludwigshafen
bundesweite Standorte

Projekt Nr.: 41640-4015/163

Ludwigshafen/Rh., 30.01.2024

Auftraggeber: Kurz Immobilien GbR
Franz-Larcher-Straße 2
83088 Kiefersfelden

Bearbeitung: MSc. Geowiss. Sarah Zörner (Projektleiterin)
Dipl.-Geol. Alexander Klug (Prokurist)

Kontakt: 0621/54960-70



1. Bauvorhaben und Geländebeschreibung

Die Regnauer Hausbau GmbH & Co. KG, Seebruck, plant im Auftrag der Kurz Immobilien GbR die Errichtung eines Wohngebäudes in der „Spitzsteinstraße“ in 83088 Kiefersfelden auf dem südöstlichen Teil des Flurstücks 383/4. Das Baugrundstück liegt in ebenem Gelände auf einer mittleren Höhe von rd. 475,5 mNN. Es unterliegt nach unserer Kenntnis zurzeit im nordwestlichen Bereich baulicher Nutzung in Form eines Wohngebäudes und im östlichen Bereich untergeordneter baulicher Nutzung in Form eines Gartenhauses. Die übrige Geländeoberfläche ist unversiegelt, bereichsweise tiefgründig aufgefüllt, anthropogen beeinflusst und im Nordosten randlich sowie punktuell von Büschen und Bäumen bestanden. Zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung existierte darüber hinaus ein Teich auf dem Grundstück (vgl. Anl. 2 und 5).

Geplant ist die Errichtung eines nichtunterkellerten Doppelhauses mit gemäß Auftrag zwei Vollgeschossen. Es sind uns keine geplanten Lasteinträge aus Verkehrslasten bekannt, die über die übliche wohnbauliche Nutzung hinausgehen.

Mit dem Schreiben vom 24.11.2023 (Eingang) wurde clayton Umwelt-Consult GmbH mit der Durchführung einer Baugrunduntersuchung und der Erstellung eines geotechnischen Berichtes beauftragt¹. Ergänzend war die Versickerungsfähigkeit des Bodens zu prüfen. Der vorliegende Bericht dokumentiert und bewertet die Untersuchungsergebnisse.

¹ Die Baugrunduntersuchung erfolgte unter Berücksichtigung der Vorgaben des Eurocode 7 (EC 7)

2. Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung der Untergrundsituation auf dem künftigen Baugelände wurden 4 Kleinrammbohrungen (BS) gemäß DIN EN ISO 22475-1 ausgeführt. Diese wurden bis in Tiefen von 1,8 m (BS 1 u. BS 2), 1,6 m (BS 4) und 1,5 m (BS 5) unter Geländeoberkante (GOK) geführt. Ein weiteres Abteufen war sondiertechnisch aufgrund grober Kiese im Untergrund nicht möglich (vgl. Anl. 2). Das Bohrgut wurde schichtbezogen beprobt. Die Lage der Sondieransatzpunkte ist im Lageplan in Anl. 1 dargestellt.

Zusätzlich wurde zur Durchführung der Versickerungsversuche (VV) eine weitere Kleinrammbohrung (BS 3) am geplanten Standort der Versickerungsanlage bis in eine Tiefe von 2,0 m unter Geländeoberkante (GOK) geführt und ebenfalls schichtbezogen beprobt. In diesem Bohrloch wurden zur Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes (k_f) drei Bohrlochversickerungsversuche mit fallender Druckspiegelhöhe durchgeführt (vgl. Anl. 4). Die Dimensionierung einer Versickerungsanlage ist auftragsgemäß nicht Bestandteil der aktuellen Untersuchung.

Die Lage der Rammkernsondierungen (BS 1 - BS 5) sowie der Versickerungsversuche (VV) ist im Lageplan in Anl. 1 dargestellt.

Abgesehen von in den Auffüllungen der Bohrung BS 5 enthaltenem Betonbruch waren bei der Ausführung am Boden keine weiteren organoleptischen (visuelle und/oder geruchliche) Auffälligkeiten festzustellen. Informationen über ein mögliches Schadstoffinventar aufgefüllter Massen bzw. umgelagerter Böden liegen uns nicht vor.

Eine abfallrechtliche und/oder altlastenspezifische Untersuchung und Bewertung war nicht Gegenstand der aktuellen Beauftragung und muss bei Bedarf in einer gesonderten Untersuchung erfolgen. Hierdurch entstehen weitere Kosten.

3. Geologische und hydrogeologische Situation

Das Untersuchungsgelände liegt regionalgeologisch im Verbreitungsgebiet quartärer Sedimente fluviatiler und glazialer Bildung (Schluffe, Sande, Kiese) über Festgesteinsserien des Trias. Die maximal erschlossene Mächtigkeit der Lockersedimente beträgt 2,0 m. In den Bohrungen wurden unter (umgelagertem) stark schluffigem Oberboden ([OU]/OU) aufgefüllter, leichtplastischer Schluff ([UL]) steifer bis halbfester Konsistenz, aufgefüllter, schwach schluffiger Kies ([GU]), geogene, schwach schluffige Sande (SU), schwach schluffige Kiese (GU) jeweils mitteldichter Lagerung sowie leichtplastische Schluffe (UL) steifer Konsistenz erbohrt. Eine detaillierte Darstellung der Schichtenfolge geht aus Anl. 2 hervor. Erkenntnisse über die geotechnische Beschaffenheit tieferer Lagen liegen nicht vor. Zu erwarten ist unter weiteren kiesigen z.T. sehr grobe Sedimentabfolgen mit wechselnden Sand- und Schlämmerkornanteilen ein Übergang in triassische Festgesteine.

Beim Bohrvorgang wurde kein Stau-, Schichten- oder Grundwasser angetroffen.

Gemäß der digitalen hydrogeologischen Karte Bayern² liegt der mittlere Grundwasserspiegel örtlich auf einem Niveau zwischen rd. 471 mNN und ca. 472 mNN.

Laut Angaben des UmweltAtlas Bayern³ befindet sich das Baugelände in einem wassersensiblen Bereich, der natürliche Einflussbereiche des Wassers kennzeichnet, in denen es zu Überschwemmungen oder hohen Grundwasserständen kommen kann.

Entsprechend den Daten der ca. 350 m südwestlich gelegenen, amtlichen Grundwassermessstelle "GOE_GW R 135_Hausmeister Gerloff Kiefersfelden" wurde der höchste Grundwasserstand lokal bei 473,18 mNN gemessen. Eine Einwirkung von Grundwasser auf das nichtunterkellerte Bauwerk ist entsprechend nicht zu erwarten. Der mittlere Grundwasserstand kann für das Baugrundstück entsprechend den Angaben des Wasserwirtschaftsamtes Rosenheim mit 472,0 mNN angesetzt werden. Die Festlegung eines Bemessungsgrundwasserstandes ist im vorliegenden Fall aufgrund nichtunterkellerten Bauweise nicht planungsrelevant. Nach Starkniederschlägen und/oder entsprechend nassen Witterungsperioden muss mit einem verstärkten Auftreten von Stauwasser sowie mit einem erhöhten Wasserdargebot aus Tagwässern gerechnet werden.

² Digitale Hydrogeologische Karte 1:100.000 (Stand 2016) – Grundwassergleichen; Herausgegeben vom Bayerischen Geologischen Landesamt.

³ UmweltAtlas Bayern herausgegeben vom Bayerischen Landesamt für Umwelt

Die lokale Vorflut wird durch den „Kieferer See“ gebildet, dessen Uferlinie rund 120 m südöstlich des Baugeländes verläuft.

4. Bodenmechanische Eigenschaften der Böden

Die in der nachfolgenden Tab. 1 angegebenen Bodenkenngrößen und bodenspezifischen Parameter wurden auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen und unter Bezugnahme auf DIN 1055:2010-11, Teil 2, Tab. 1 bis 4, sowie auf Literaturangaben festgelegt. Die Ausbildung der einzelnen Schichten kann den Bohrprofilen in Anl. 2 entnommen werden.

Tab. 1: Geotechnische Eigenschaften der Böden und Bodenkenngrößen

Material	Konsistenz / Lagerungsdichte	Boden- gruppe DIN 18196	Boden- klasse DIN 18 300 ²⁾	Reibungs- winkel φ (°)	Kohäsion cal c' (kN/m ²)	Steife- modul E _s (MN/m ²)	Wichte cal γ (kN/m ³)	Durchlässig- keitsbeiwert k _f (m/s)
Schluff	steif – halbfest	[UL]	4	27,5	2 – 4	10 - 14	18,0 – 19,0 (9,5 - 10,5) ¹⁾	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁸
Kies	mitteldicht	[GU]	3	32,5	0,5	45 - 55	17,0 (10,0) ¹⁾	10 ⁻³ - 10 ⁻⁵
Schluff	steif	UL	4	27,5	2	10 - 12	18,5 (10,0) ¹⁾	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁸
Sand	mitteldicht	SU	3	32,5	0,5	40 - 60	17,5 (9,5) ¹⁾	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵
Kies	mitteldicht	GU	3	32,5	0,5	50 - 60	17,0 - 17,5 (10,0 – 10,5) ¹⁾	8,7* 10 ⁻⁶

¹⁾ in Klammern: Wichte unter Auftrieb (cal γ)

²⁾ Die Angabe von Bodenklassen (BKL) erfolgt auf Grundlage der alten DIN 18300 in der Fassung von 09/2012

Die Angaben des Durchlässigkeitsbeiwertes (k_f) entstammen dem Arbeitsblatt DWA-A 138 bzw. wurden im Falle des geogenen, schwach schluffigen Kieses (GU) durch einen Versickerungsversuch ermittelt (siehe Anl. 4 und Kap. 10) und beziehen sich streng genommen nur auf die gewonnene Probe. bzw. auf den Ort des Versuchs. Die Werte geben eine näherungsweise festgelegte Wasserdurchlässigkeit des beschriebenen Bodens wieder. Inhomogenitäten können jedoch zu z. T. deutlichen Abweichungen der angegebenen Werte führen.

5. Gründung

Als Höhenbezugspunkt wurde ein nördlich des Grundstücks in der „Heubergstraße“ gelegener Kanaldeckel (KD) gewählt, der eine Höhe von 475,65 mNN aufweist (vgl. Anl. 1).

Entsprechend den uns vorliegenden Planunterlagen soll die Oberkante Fertigfußboden Erdgeschoss (OK FFB EG) beider Doppelhaushälften auf 476,30 mNN zu liegen kommen. Die derzeitige Geländeoberkante im Baufeld liegt zwischen etwa 475,4 mNN und rd. 475,5 mNN.

Änderungen des Gründungsniveaus haben Auswirkungen auf die nachfolgenden Aussagen und bedingen u.U. eine Neubeurteilung der Situation, wodurch zusätzliche Kosten entstehen.

Entsprechend den Vorgaben des Planers sowie unter Berücksichtigung der örtlichen geologischen und morphologischen Situation ist davon auszugehen, dass das Gründungsniveau auf einem herzustellenden (frostsicheren) Bettungspolster sowohl über (aufgefülltem) leichtplastischem Schluff ([UL]/UL) als auch über schwach schluffigem Sand (SU) zu liegen kommt. Im Falle einer Gründung auf einer Frostschutzschicht ist davon auszugehen, dass das Gründungsniveau bereichsweise ebenfalls über aufgefülltem, schwach schluffigem Kies ([GU]) zu liegen kommt.

Die Gründung erfolgt auf **lastverteilenden Bodenplatten**.

Auf dem Sohlplanum ist zum Erreichen des geplanten Gründungsniveaus sowie zur Herstellung eines ausreichend verformungsarmen Auflagers der Einbau eines Bettungspolsters vorzusehen. Die Mächtigkeit wird 0,7 m nicht unterschreiten und kann nach Abschieben der Oberbodendeckschicht (OU/[OU]) entsprechend der Geländemorphologie bis ca. 0,8 m betragen.

Für das Bettungspolster ist allseitig ein Überstand von $\geq 0,7$ m über Plattenaußenkante herzustellen, wobei der Überstand mind. der Auffüllmächtigkeit entsprechen muss.

Sofern das Bettungspolster die Funktion einer Frostschutzschicht übernehmen soll, muss die Mächtigkeit vollflächig mindestens 1,10 m betragen. In diesem Fall ist allseitig ein Überstand von $\geq 1,0$ m herzustellen.

Der Einbau des Bettungspolsters bzw. der Frostschutzschicht hat mit güteüberwachtem Material der Bodengruppe GW (DIN 18196) und entsprechend der Verdichtbarkeitsklasse V 1 (ZTV A-StB 97/06), sowie im Falle einer Frostschutzschicht der Frostempfindlichkeitsklasse F1 (ZTVE-StB. 17), zu erfolgen. Zu verwenden sind kornabgestufte Massengemische des Sand- und Kieskorngpektrums, deren Schlämmkornanteil 5 % nicht überschreiten darf. Das Größtkorn ist auf 56 mm zu begrenzen. Folgende bodenmechanische Eigenschaften sind für das Bettungspolster bzw. die Frostschutzschicht zu fordern:

Tab. 2: Werte und Anforderungen an das Bettungspolster bzw. die Frostschutzschicht

Boden- gruppe (DIN 18196)	k_f -Wert [m/s]	Stärke [m]	E_s [MN/m ²]	E_{v2}^* [MN/m ²]	ϕ' [°]	$cal \gamma$ [kN/m ³]	D_{PR} [%]	Frost- empfindlich- keit**
GW	$\geq 10^{-4}$	$\geq 0,7$ - ca. 0,8****	80	80	35	19	98	F1/F2
GW	$\geq 10^{-4}$	$\geq 1,1$ ****	80	80	35	19	98	F1

* Die Einhaltung dieser Anforderungen ist vor Ort zu prüfen (vgl. Kap. 14).

** gemäß ZTVE-StB 17

*** abhängig von der Geländemorphologie und der Stärke des Oberbodens

**** bei Gründung auf einer Frostschutzschicht

Das Material ist lagenweise unter dynamischer Verdichtung einzubauen, wobei die Lagenstärke auf $\leq 0,25$ m zu begrenzen ist. Dabei ist unter Außenkante Bodenplatte ein Lastausbreitungswinkel von 45° anzusetzen und bei der Planung und erdbaulichen Ausführung zu berücksichtigen.

Für die Bauwerksgründung auf mind. 0,7 m - ca. 0,8 m **Bettungspolster** sind bei einer Sohlnormalspannung von 125 kN/m² abgeleitete Bettungsmoduln anzusetzen von:

$$k_{s1} = 20.000 \text{ kN/m}^3 \text{ (DHH Nordwest)}$$

$$k_{s2} = 27.000 \text{ kN/m}^3 \text{ (DHH Südost)}$$

Überschlägig leiten sich hieraus Setzungsbeträge von rd. 0,4 – 0,6 cm für die nordwestliche Doppelhaushälfte und rd. 0,3 – 0,5 cm für die südöstliche Doppelhaushälfte ab.

Sofern eine **Frostschuttschicht** in einer Mindestmächtigkeit von 1,10 m eingebaut wird, sind bei einer Sohlnormalspannung von 125 kN/m² abgeleitete Bettungsmoduln anzusetzen von:

$$k_{s3} = 25.000 \text{ kN/m}^3 \text{ (DHH Nordwest)}$$

$$k_{s3} = 40.000 \text{ kN/m}^3 \text{ (DHH Südost)}$$

Überschlägig leiten sich hieraus Setzungsbeträge von 0,2 – 0,5 cm für die nordwestliche Doppelhaushälfte und rd. 0,2 – 0,3 cm für die südöstliche Doppelhaushälfte ab. Die Setzungsdifferenzen der südöstlichen Doppelhaushälfte sind in diesem Fall vernachlässigbar.

Die Setzungen (und Setzungsdifferenzen) sind unter Berücksichtigung der Tragwerksplanung auf ihre Unschädlichkeit zu prüfen.

Die Steifemoduln sind gemäß den Angaben der Tab. 1 anzusetzen.

Bei Ausführung einer Frostschutzschicht ist allseitig um das Bauwerk eine mindestens 1,5 m über Plattenaußenkante reichende, horizontale Geländeanschüttung mindestens bis auf das Niveau der Plattenunterkante lagenweise verdichtet herzustellen.

Für Anschüttungen sind kornabgestufte Massen entsprechend der Verdichtbarkeitsklasse V 1 nach ZTV-A-StB. 97/06 zu verwenden und lagenweise unter dynamischer Verdichtung einzubauen. Die Lagenstärke ist auf 0,2 m zu begrenzen.

Abweichungen von den oben dargestellten Gründungsvorgaben sind mit dem Unterzeichner vor Abschluss der Planung abzustimmen. Ebenso sind wesentliche Abweichungen von den ermittelten Baugrundverhältnissen, die während der Bauausführung auftreten, dem Gutachter umgehend anzuzeigen. Bei Nichtbeachtung der o. g. Vorgaben kann die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks nachteilig beeinflusst werden bzw. können Schäden am Gelände, an Infrastruktur oder einzelnen Bauwerksteilen auftreten.

6. Wassereinwirkung/Bauwerksabdichtung

6.1 Allgemeines

Bei nichtunterkellerten Bauwerken ist im Falle einer Gründung auf stark wasserdurchlässigem Baugrund oder Bettungspolster bzw. Frostschutzschicht mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$, bei denen der Bemessungsgrund- bzw. Bemessungshochwasserstand mind. 0,5 m unter unterster Abdichtungsebene liegt, die Wassereinwirkung auf Bodenfeuchte beschränkt.

6.2 Wassereinwirkung

Aufgrund nicht unterkellertes Bauweise ist mit einer Wassereinwirkung durch Bodenfeuchte entsprechend DIN 18 533-1 Abschn. 5.1.2.2 zu rechnen sofern unter der Bodenplatte eine mindestens 0,15 m starke Schüttung mit $k_f > 10^{-4}$ m/s vorhanden ist. Dies ist im vorliegenden Fall durch die Herstellung des (frostsicheren) Bettungspolsters (vgl. Kap. 5) gegeben. Es liegt die Wassereinwirkungsklasse W1.1-E im Sinne von DIN 18 533-1 Tab. 1 vor.

6.3 Bauwerksabdichtung

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Wassereinwirkung (W1.1-E) ist eine Bauwerksabdichtung entsprechend DIN 18 533-1 Abschn. 8.5 Tab. 4 (Zeile 1-4) vorzusehen.

6.4 Hinweise

Die Notwendigkeit des in Kap. 5 dieses Berichtes beschriebenen (frostsicheren) Bettungspolsters bleibt unabhängig von der Art der Abdichtung unberührt!

Bezüglich der Abdichtung im Wandsockelbereich wird auf die Vorgaben nach DIN 18 533-1 Abschn. 8.8.2 verwiesen. Bei Holzkonstruktionen sind darüberhinaus die Ausführungen gemäß DIN 68800 zu beachten.

Im Falle einer Nichteinhaltung der Vorgaben nach DIN 18 533-1 und/oder WU-Richtlinie können Schäden an Bauwerk, Bauteilen oder Inventar entstehen, die erhebliche Kosten zur Folge haben können. Daher ist eine uneingeschränkte Umsetzung der Vorgaben nach DIN 18 533-1 und/oder WU-Richtlinie obligatorisch!

Allseitig um das Bauwerk ist dauerhaft für eine ausreichende Oberflächenentwässerung zu sorgen.

Hinweis:

Das Voranstehende gilt ausschließlich für eine nichtunterkellerte Bauweise!

7. Frosteinwirkung

Die Gründung von Bauwerken hat entsprechend DIN EN 1997-1:2014-03, Abschn. 6.4, frostsicher zu erfolgen. Hierfür ist gemäß DIN 1054:2010-12, S. 40, eine frostsichere Gründungstiefe von mind. 0,8 m vorzusehen. Da der Baugrund jedoch grundsätzlich vor nachteiligen Witterungseinflüssen zu schützen ist, die zu einer Herabsetzung der Festigkeit führen können, sind lokale Einflussgrößen zu berücksichtigen. So hat sich eine frostsichere Gründung an der örtlichen Frosteindringtiefe sowie an der geologischen Situation zu orientieren.

Das aktuelle Bauvorhaben liegt entsprechend dem Kommentar zur ZTVE-StB 94/97, Abschn. 2.3.3, in der Frosteinwirkungszone III, Gebiet 5. Hiernach ist die Frosteindringtiefe mit max. 1,10 m anzugeben. Die frostsichere Gründungstiefe entspricht demnach dieser Tiefe.

Die im Frosteinwirkungsbereich vorliegenden Böden ([UL]/UL) entsprechen der Frostempfindlichkeitsklasse F3 nach ZTVE-StB 17, Abschn. 3.1.5.1, und sind damit als sehr frostempfindlich einzustufen. Die Erdbau- und Gründungsarbeiten haben in einer stabilen, frostfreien Witterungsperiode zu erfolgen. Das freigelegte Erdplanum ist nachhaltig vor Frosteinwirkung und Frost-/Tauwechsel und Austrocknung zu schützen. Andernfalls sind nachteilige Auswirkungen auf das Bodengefüge bzw. die Konsistenz und damit auf die Tragfähigkeit zu erwarten.

Im Falle einer Gründung auf einem nicht frostsicheren Bettungspolster ist der Einbau betonierter Frostschrüzen vorzusehen. Diese sind allseitig bis in frostsichere Tiefe (s.o.) zu führen und als nichtstatisches Element auszubilden. Eine gezielte Abtragung von Bauwerkslasten über die Frostschrüzen darf nicht erfolgen.

Alternativ ist unter der Bodenplatte der Einbau einer Frostschutzschicht möglich, deren Mächtigkeit 1,10 m nicht unterschreiten darf. Das Material der Frostschutzschicht muss den Anforderungen der Frostempfindlichkeitsklasse F1 nach ZTVE-StB. 17 genügen (vgl. Kap. 5). Beim Einbau einer Frostschutzschicht ist für eine dauerhafte und behinderungsfreie Entwässerung des Erdplanums Sorge zu tragen.

Die Einhaltung der Vorgaben hinsichtlich einer frostsicheren Gründung sowie der Bauausführung ist obligatorisch, da andernfalls nachteilige Auswirkungen auf die Baugrundbeschaffenheit zu erwarten sind, die zu Schäden am Bauwerk und zu Erschwernissen bei der Bauausführung und damit zu Mehrkosten führen können.

8. Erdbau

Auzuhebendes bindiges und/oder organisches Bodenmaterial ist ausschließlich zur Geländemodellierung außerhalb des Baufeldes zu verwenden oder abzufahren. Eine bautechnische Verwendung von bindigen Massen und Oberboden darf nicht erfolgen. Oberboden ist abzuschleppen und getrennt von den übrigen Aushubmassen zu verwerten.

Beim Aushub sind im Hinblick auf die Wiederverwendbarkeit bindige und nichtbindige Böden gesondert zu erfassen und getrennt zu halten.

Natürliches Bodenmaterial und Auffüllungsböden sind getrennt zu halten und gesondert zu entsorgen. Im Falle einer Vermischung können Mehrkosten bei der Verwertung / Entsorgung entstehen. Die Verwertung / Entsorgung von Aushubmaterial hat sich (abh. vom Verbleib) nach den Vorgaben der Ersatzbaustoffverordnung (EBV)⁴, Deponieverordnung (DepV)⁵ sowie ggf. auch nach länderspezifischen Richtlinien zu richten.

In diesem Zusammenhang ist es erforderlich vor einer Beauftragung von chemisch-analytischen Untersuchungen am Aushubmaterial den Entsorgungsweg und den damit verbundenen Parameterumfang zu klären. Es wird darauf hingewiesen, dass die im Zuge der Baugrunderkundung entnommenen Bodenproben max. 3 Monate bei clayton rückgestellt werden. Hiernach können diese nicht mehr zur Analytik herangezogen werden!

Das Erdplanum in bindigen Böden ist mittels Tieflöffel mit glatter Schneide anzulegen. Gezahnte Löffel werden hier nicht eingesetzt. Eine Auflockerung des Sohlplanums beim Lösen ist zu vermeiden. Das freigelegte Erdplanum ist nachhaltig vor Austrocknung, Vernässung und Frost zu schützen, da hierdurch äußerst ungünstige Auswirkungen auf das Bodengefüge bzw. auf die Konsistenz und damit auf die Tragfähigkeit zu erwarten sind.

⁴ Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung vom 09. Juli 2021

⁵ Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27. April 2021

Das in bindigen Böden herzustellende Erdplanum ist vor einer Überbauung / Überschüttung bei trockenen und frostfreien Witterungsverhältnissen **statisch** erdfeucht in mehreren Übergängen vorzuverdichten. Nichtbindige Böden sind dynamisch erdfeucht vorzuverdichten. Die Übergänge sind senkrecht zueinander auszuführen. Das in bindigen Böden freigelegte Planum darf nicht befahren werden. Das in nichtbindigen Böden freigelegte Planum darf mit Radfahrzeugen nicht befahren werden.

Auf dem erdfeucht vorverdichteten Erdplanum ist bei der Ausführung einer Frostschutzschicht über bindigen Böden ein Filtervlies geeigneter Robustheitsklasse zu verlegen. Als Mindestanforderung ist GRK 3 und ein Flächengewicht von $\geq 150 \text{ g/m}^2$ zu fordern. Das Filtervlies ist an den Stößen mind. 0,1 m zu überlappen.

Die Verfüllung von Gruben und Gräben hat mit Material entsprechend der Verdichtbarkeitsklasse V 1 nach ZTVA-StB 97/06 zu erfolgen. Dieses kommt vor Ort in Form von schwach schluffigem Sand und Kiesen (SU/GU/[GU]) vor. Das Material ist lagenweise verdichtet einzubauen. Die Lagenstärke darf beim Einbau 0,3 m nicht überschreiten. Der Einbau erfolgt erdfeucht. Bindiges Aushubmaterial ist zum Wiedereinbau nicht geeignet. Vernässtes, organisches und/oder bindiges Material darf grundsätzlich nicht eingebaut werden.

Sämtliche unterirdischen Infrastruktureinrichtungen, die bis unter 473,5 mNN einbinden, sind in allen Betriebs- und Befüllungszuständen auftriebssicher herzustellen.

Ggf. zu verwendendes Recycling-Material muss neben den geotechnischen Anforderungen (vgl. Kap. 5) auch den Vorgaben nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV)⁶ sowie des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG)⁷ und des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG)⁸ genügen. Vom Lieferanten ist ein entsprechender Herkunftsnachweis einschl. Deklarationsanalytik vorzulegen. In Wasser- und Quellenschutzgebieten ist der Einbau von Recyclingmaterial grundsätzlich im Vorfeld mit der Unteren Wasser- und Bodenschutzbehörde abzustimmen.

Zur Festlegung der nach VOB sowie DIN 18300:2019-09 Abschn. 2.3 geforderten Ausweisung von Homogenbereichen von Boden und Fels werden zusätzliche kosten- und zeitintensive Untersuchungen notwendig. Dies ist für die Ausschreibung von Leistungen des Grund- und Erdbaus zu berücksichtigen sofern Ausschreibung und Vergabe nach VOB erfolgen soll. Die Erdbauarbeiten sind durch einen qualifizierten Fachbetrieb entsprechend den Vorgaben nach DIN 18.300:2019-09 auszuführen.

Gruben und Gräben, die begangen oder befahren werden sollen, sind uneingeschränkt entsprechend den Vorgaben der DIN 4124 herzustellen. Die Standsicherheit des Geländes ist in allen Bauzuständen und unter allen Witterungsbedingungen zu gewährleisten.

⁶ Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung vom 09. Juli 2021

⁷ Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 12. Januar 2023

⁸ Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz -KrWG) vom 09. Oktober 2020

Im Falle nicht normgerecht ausgeführter Gruben, Gräben und/oder Böschungen können erhebliche Schäden an Bausubstanz, Gelände und/oder Infrastruktur des eigenen Grundstückes bzw. an Grundstücken Dritter entstehen. Nicht normgerecht hergestellte bzw. gesicherte Gruben und Gräben dürfen nicht begangen werden! Die gesetzlichen und berufsgenossenschaftlichen Unfallverhütungsvorschriften gelten uneingeschränkt.

9. Wasserhaltung

Entsprechend den derzeit vorliegenden Erkenntnissen entfällt bei baulichen Eingriffen oberhalb 473,0 mNN die Notwendigkeit einer Bauwasserhaltung. Witterungsbedingt muss mit einem erhöhten Wasserdargebot aus Tagwässern sowie mit einer Stauwasserbildung gerechnet werden. Sollte während der Bauphase ein Wasserzutritt erfolgen, so ist das zulaufende Wasser unverzüglich zu fassen und aus dem Baufeld abzuleiten.

Bei starkem Wasserzutritt ist der Gutachter umgehend zu informieren.

10. Versickerung

Der maßgebliche Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (k_f) wurde im Rahmen von drei Versickerungsversuchen mittels Bohrlochversickerung mit fallender Druckspiegelhöhe (instationäre Bedingungen) ermittelt. Das Bohrloch (VV) wurde hierfür temporär mittels Voll-/Filterrohr (DN 40) ausgebaut.

Die ermittelten Sickerraten aus den Versickerungsversuchen vom 24.01.2024 sowie die rechnerische Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes (k_f) gemäß der Formel nach SCHULER (1973)⁹⁾ sind in Tabelle 3 dargestellt (vgl. hierzu auch Anl. 4).

Tabelle 3: Rechnerische Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes (k_f)

Versickerungsversuch					
Allgemeine Angaben					24.01.2024
Standort:	Spitzsteinstraße, 83088 Kiefersfelden				
Bodengruppe:	GU (DIN 18196)				
Flächennutzung:	Ziergarten				
Messung:	1 - 3	Messtiefe:	2,0 m unter GOK		
Innenradius des Messrohres (r):		[m]	0,021		
Messprotokoll und Auswertung					
Messung	Messdauer	Wasserstand h			$k_f = \frac{\pi * r^2}{C * (t_2 - t_1)} * \ln \frac{h_1}{h_2}$
		$t_2 - t_1$	h_1	h_2	
	[s]	[m]	[m]		[m/s]
1	106	0,5	0,3		$8,4 * 10^{-6}$
2	104	0,5	0,3		$8,5 * 10^{-6}$
3	98	0,5	0,3		$9,1 * 10^{-6}$

⁹⁾ SCHULER, G. (1973): Über Durchlässigkeitsbestimmungen durch hydraulische Bohrlochversuche und ihre Ergebnisse in tertiären Flinzsanden (Obere Süßwassermolasse) Süddeutschlands.

Der mittlere Wasserdurchlässigkeitsbeiwert ist für die untersuchte Position unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors gemäß DWA-A 138 (2005)¹⁰ anzugeben mit $k_f = 1,7 \cdot 10^{-5}$ m/s. Ohne Korrekturfaktor ist der mittlere Durchlässigkeitsbeiwert anzugeben mit $k_f = 8,7 \cdot 10^{-6}$ m/s. Die lokal untersuchten Böden sind damit als durchlässig im Sinne des Regelwerks DWA A-138¹⁰ einzustufen.

Die Durchlässigkeit liegt im entwässerungstechnisch relevanten Versickerungsbereich nach DWA-A 138 (2005)¹⁰.

Wir weisen darauf hin, dass im Bereich oberflächennah aufgefüllter Massen (vgl. Kap. 3 und Anl. 2) eine gezielte Versickerung nicht erfolgen darf. Eine gezielte Versickerung in anthropogenen Auffüllungen ist aus Gründen des vorsorgenden Grundwasserschutzes in der Regel nicht zulässig. Sofern hierin dennoch eine gezielte Versickerung erfolgen soll, ist dies im Vorfeld mit der zuständigen Wasserrechtsbehörde abzustimmen und der versickerungsrelevante Boden auf ein mögliches Schadstoffinventar in Feststoff und Eluat zu untersuchen.

Es dürfen ausschließlich nicht schädlich verunreinigte Tagwässer versickert werden. Dabei ist eine Bodenpassage der Sickerwässer ausgehend vom mittleren Höchstgrundwasserstand durch filterfähiges Material von ≥ 1 m zu gewährleisten.

¹⁰ DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E.V. (2005): Arbeitsblatt DWA-A 138; Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser.

Alternativ zu einer gezielten Versickerung ist zu prüfen, ob eine Niederschlagswassernutzung (Zisterne mit Entlastungsüberlauf), eine Einleitung in den Schmutz- oder Regenwasserkanal bzw. die Zuleitung zu einer zentralen Versickerungsanlage oder einer geeigneten Vorflut erfolgen kann.

Die Einleitung in künstliche oder natürliche Vorfluter bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis.

11. Erdbebenzone

Das Bauvorhaben liegt gemäß DIN EN 1998-1 / NA:2011-01, Bild NA.1, in der Erdbebenzone 0¹¹.

Die rechnerische Festsetzung einer Bemessungs-Bodenbeschleunigung ist nicht erforderlich. Der Standort ist der Untergrundklasse R zuzuordnen. Ausgehend von der Bodenansprache ist entsprechend DIN EN 1998:2010-12, Abschn. 3.1.2 Tab. 3.1., die Baugrundklasse E anzusetzen. Dies ist bei der Planung und Bauausführung unter Berücksichtigung der Vorgaben nach DIN EN 1998-1:2010-12 hinsichtlich der Bauwiderstandsfähigkeit zu berücksichtigen.

¹¹ Die Zuordnung der einzelnen Verwaltungseinheiten erfolgt auf Grundlage der Liste „Erdbebenzonen und Untergrundklassen“ des DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik), Stand Februar 2015 bzw. Liste der als Technische Baubestimmungen eingeführten technischen Regeln, Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums des Innern, für Bau und Verkehr vom 26. November 2014, Liste der Technischen Baubestimmungen – Fassung Januar 2015 sowie der Mitteilung der Obersten Baubehörde vom 13.02.2015.

12. Kampfmittelsituation

Die Untersuchung der lokalen Kampfmittelsituation war nicht Gegenstand der aktuellen Beauftragung. Die Abklärung eines entsprechenden Verdachtes darf ausschließlich durch den staatlichen Kampfmittelbeseitigungsdienst oder einen autorisierten Feuerwerker nach § 7, § 20 Sprengstoffgesetz erfolgen.

Es liegen clayton keine Erkenntnisse über eine mögliche Lage des Baugrundstückes in einem ehemaligen Kampfmittleinwirkungsgebiet vor. Dies darf nicht als Nachweis der Kampfmittelfreiheit gewertet werden!

13. Bergbauliche Einflüsse

Das Bauvorhaben liegt nicht in bekannten Bergschadensgebieten oder einem Gebiet, in dem untertägiger Bergbau aktenkundig ist. Hinweise auf (historische) bergbauliche Aktivitäten liegen uns nicht vor.

14. Hinweise

Wir weisen darauf hin, dass im Rahmen der Baugrunderkundung Daten aus fünf punktuellen Sondierungen zur Verfügung standen. Der Schichtenverlauf wurde ausgehend von den erschlossenen Bodenprofilen extrapoliert. Es ist jedoch nicht mit letzter Sicherheit auszuschließen, dass kleinräumig Abweichungen von den dargestellten Untergrundverhältnissen vorliegen können.

Dies betrifft insbesondere Auffüllungsböden, die sowohl hinsichtlich ihrer lateralen und vertikalen Ausdehnung wie auch hinsichtlich des Inventars und der Beschaffenheit von den hier dargestellten Verhältnissen abweichen können.

Die Aussagen zur Gründung etc. wurden unter Zugrundelegung der Höhenangaben des Planers getroffen. Aus einer hiervon ggf. abweichenden Sohltiefe der Gründung können sich Änderungen ergeben, die während der Planung und Bauausführung zu berücksichtigen sind. Dies ist mit dem Gutachter vor Abschluss der Planung abzustimmen.

Vor Baubeginn ist die exakte Lage von Ver- und Entsorgungsleitungen aus dem Baubestand zu ermitteln. Im Baufeld ggf. vorhandene Leitungen sind fachgerecht still- bzw. umzuverlegen. Hierzu ist der Leitungsbetreiber hinzuzuziehen.

Das geplante Bauvorhaben ist nach DIN 4020 in die geotechnische Kategorie GK 1 einzuordnen.

Zum Beleg der fachgerechten Umsetzung der Gründungsvorgaben sind vier (zwei je Doppelhaushälfte) Kontrollprüfungen in Fremdüberwachung mit der dynamischen Lastplatte nach TP BF-StB, Teil B 8.3, auf der Oberkante Bettungspolster auszuführen, um die erreichte Verdichtungsleistung sowie die Tragfähigkeit zu prüfen. Als Mindestanforderung ist an allen Stellen ein dynamischer Verformungsmodul $E_{VD} \geq 40 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Kontrollprüfungen dürfen weder auf gefrorenem noch auf vernässtem Planum ausgeführt werden.

Bei nassen Witterungseinflüssen und/oder Frosteinwirkung sind ungünstige Konsistenz- bzw. Gefügeänderungen der Böden im gründungsrelevanten Bereich zu erwarten. Dies führt dazu, dass die geforderten Werte für den Verformungsmodul (E_{VD}) nicht erreicht werden können. Hierdurch würden u. U. ein Bodenaustausch und/oder weitere Maßnahmen notwendig, wodurch Mehrkosten entstehen.

Es wird an dieser Stelle nachdrücklich darauf hingewiesen, dass die gründungsrelevanten bindigen Böden äußerst frost- und nässeempfindlich sind!

Angesichts der erheblichen Mächtigkeit des Bettungspolsters sowie im Fall einer Frostschuttschicht wird zusätzlich die Ausführung von vier (zwei je Doppelhaushälfte) Rammsondierungen mit der Schweren Rammsonde (DPH) nach DIN EN ISO 22476-2 für erforderlich gehalten. Nachzuweisen sind jeweils mindestens 8 Schläge je dm ($N_{10} \geq 8$). Die Sondierungen sind bis mindestens 0,5 m unter Schüttkörperbasis zu führen.

Es ist zur Abnahme der Aushubsohle vor Einbau des (frostsicheren) Bettungspolsters zur Verifizierung der Untersuchungsergebnisse durch den Unterzeichner geraten. Hierdurch entstehen zusätzliche Kosten. Die Ergebnisse der Abnahme sowie der Kontrollprüfungen sind zu dokumentieren. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich in Folge der Abnahme neue Erkenntnisse ergeben können, die planerisch, bautechnisch und kalkulatorisch zu Änderungen bzw. Abweichungen führen.

Dieser geotechnische Bericht ist ungekürzt und mit allen Anlagen rechtzeitig allen Bau- und Planungsbeteiligten zugänglich zu machen.

Anlagen

1. Lageplan Maßstab 1:500 mit Aufschlüssen
2. Bohrprofile
3. Gründungsskizze
4. Protokoll der Versickerungsversuche
5. Fotodokumentation

Ludwigshafen, den 30.01.2024

ppa.

Dipl.-Geol. Alexander Klug

Prokurist

MSc. Geowiss. Sarah Zörner

Projektleiterin

Projekt-Nummer: 41640-4015/163,

Übersicht der Angaben zum Bauvorhaben Kurz Immobilien GbR

in: 83088 Kiefersfelden, Spitzsteinstraße, T.a. Flurstück 383/4

Bauwerksbeschreibung:

Gepl. Bauwerk: Doppelhaus
Unterkellerung: nicht unterkellert
Geschossanzahl: zwei Vollgeschosse

Geländebeschreibung:

Gelände: eben
Nutzung: bauliche Nutzung
Geologie: Quartär (Schluffe, Sande, Kiese)
über Trias
Grundwasser: nicht erschlossen

Gründung:

Gründungsniveau: 476,30 mNN OK FFB EG
Gründungsart: lastverteilende Bodenplatten
Filtervlies erforderlich: mind. GRK 3, bei der Ausführung einer Frostschutzschicht über bindigen Böden

Bodenplatten:

Gründungsboden (DIN 18196): [UL]/UL/SU/[GU]
Gründungsplatte: lastverteilende Bodenplatten
Bettungspolster: $\geq 0,7$ m - ca. 0,8 m ($k_f > 10^{-4}$ m/s)
Nordwestliche DHH: Bettungsmodul (k_{s1}): 20.000 kN/m³
Südöstliche DHH: Bettungsmodul (k_{s2}): 27.000 kN/m³
Sohlnormalspannung: 125 kN/m², Setzungen: ca. 0,4 – 0,6 cm (nordwestliche DHH) bzw. ca. 0,3 – 0,5 cm (südöstliche DHH)

alternativ: mind 1,1 m Frostschutzschicht (F1-Material)

Nordwestliche DHH: Bettungsmodul (k_{s3}): 25.000 kN/m³
Südöstliche DHH: Bettungsmodul (k_{s4}): 40.000 kN/m³
Sohlnormalspannung: 125 kN/m², Setzungen: ca. 0,2 – 0,5 cm (nordwestliche DHH) bzw. ca. 0,2 – 0,3 cm, Setzungsdifferenzen vernachlässigbar (südöstliche DHH)

Frosteinwirkung:

Frosteinwirkungszone: III, Gebiet 5
Frostempfindlichkeitsklasse der Böden: F3 nach ZTVE-StB 17 (in gründungsrelevanter Tiefe)
Frostsichere Gründungstiefe: 1,10 m unter herzustellender GOK

Wassereinwirkung/Bauwerksabdichtung:

Bodenfeuchte / Wassereinwirkungsklasse (DIN 18 533-1): W1.1-E
Abdichtung: DIN 18 533-1 Abschn. 8.5 Tab. 4 (Zeile 1-4)

Wasserhaltung und Versickerung:

Bauwasserhaltung: nicht erforderlich oberhalb 473,0 mNN
Versickerung: in Auffüllungen i.d.R. nicht zulässig, im schwach schluffigen Kies (GU) möglich, $k_f = 8,7 \times 10^{-6}$ m/s, Durchlässigkeitsbeiwert liegt im entwässerungstechnisch relevanten Versickerungsbereich

Kampfmittelgefährdung:

keine Hinweise

Weitere Einflussfaktoren:

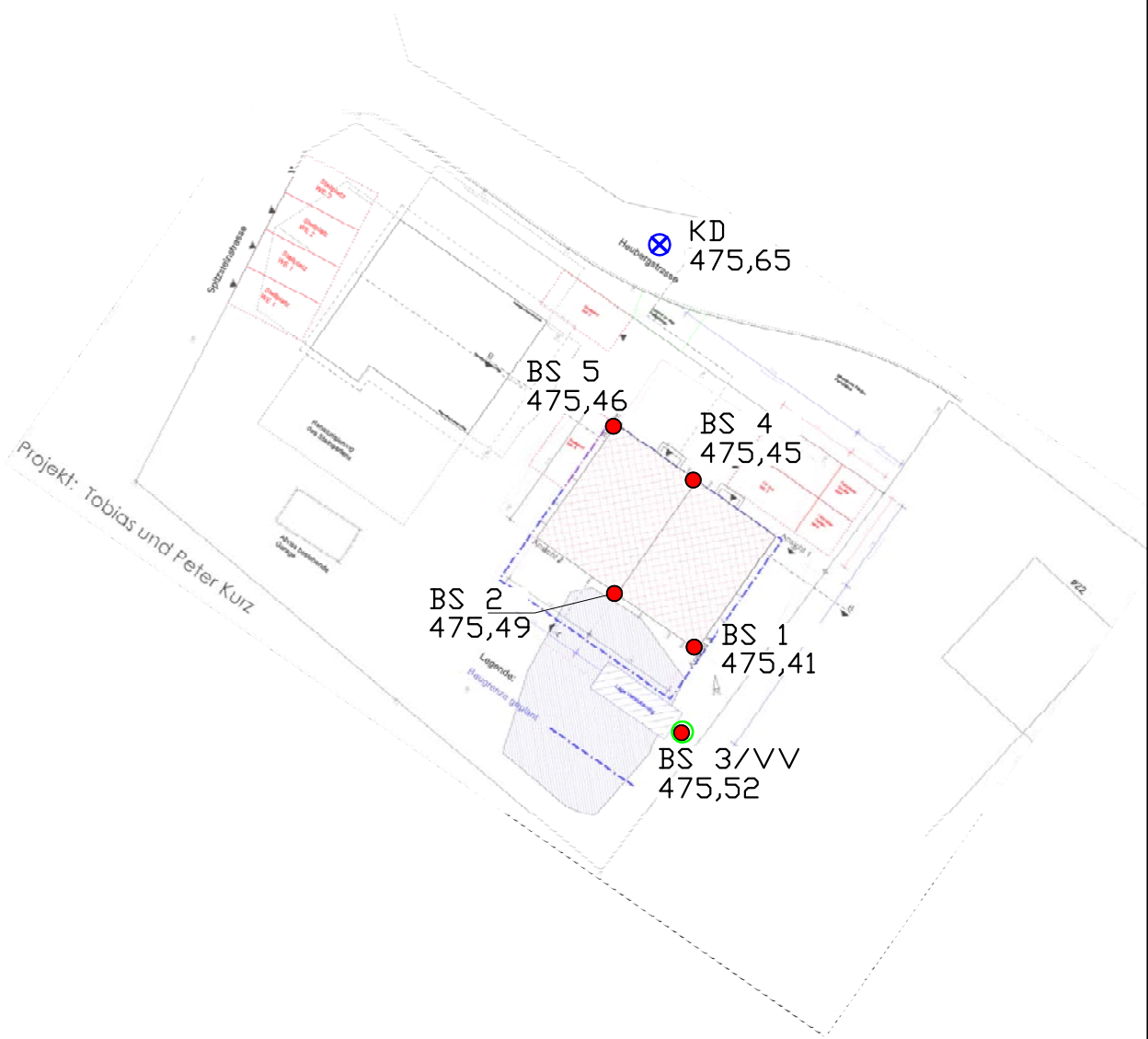
Erdbebenzone: 0 (DIN EN 1998-1 / NA:2011-01 Bild NA.1)
Baugrundklasse: E (DIN EN 1998-1 / NA:2011-01 Abs. 3.1.2 (1))
Untergrundklasse: R
Bergbauegefährdungsgebiet: kein Bergbau bekannt

Hinweise:

Kontrollprüfungen: 4 (2 je DHH) (dynamische Lastplatte), geforderter Verformungsmodul: $E_{VD} \geq 40$ MN/m²
4 (2 je DHH) Rammsondierungen (Schwere Rammsonde (DPH)), geforderte Schlagzahl $N_{10} \geq 8$
Abnahme Aushubsole
Leitungslagen prüfen
Auffüllmassen abfallrechtlich deklarieren, Auffüllungen und Boden getrennt halten
Erdplanum vor Frost und Vernässung schützen
bindige Böden sind sehr frost- und nässeempfindlich
unterirdische Infrastruktur unterhalb 473,5 mNN auftriebssicher

Wichtiger Hinweis:

Diese Übersicht ist Bestandteil des geotechnischen Berichtes und darf nicht als Kurzfassung des Gutachtens verstanden werden.
Eine Weitergabe (auch auszugsweise) von einzelnen Bestandteilen des Gutachtens ist unzulässig.
Die Aussagen dieses Berichtes beziehen sich ausschließlich auf den o. g. Untersuchungsstandort und das hier beschriebene Bauobjekt. Eine Anwendung auf andere Standorte und/oder andere Bauobjekte darf nicht erfolgen.



- BS Kleinrammbohrung
 - VV Versickerungsversuch
 - ⊗ KD Kanaldeckel (Bezugspunkt)
- 475,65 Höhe in mNN

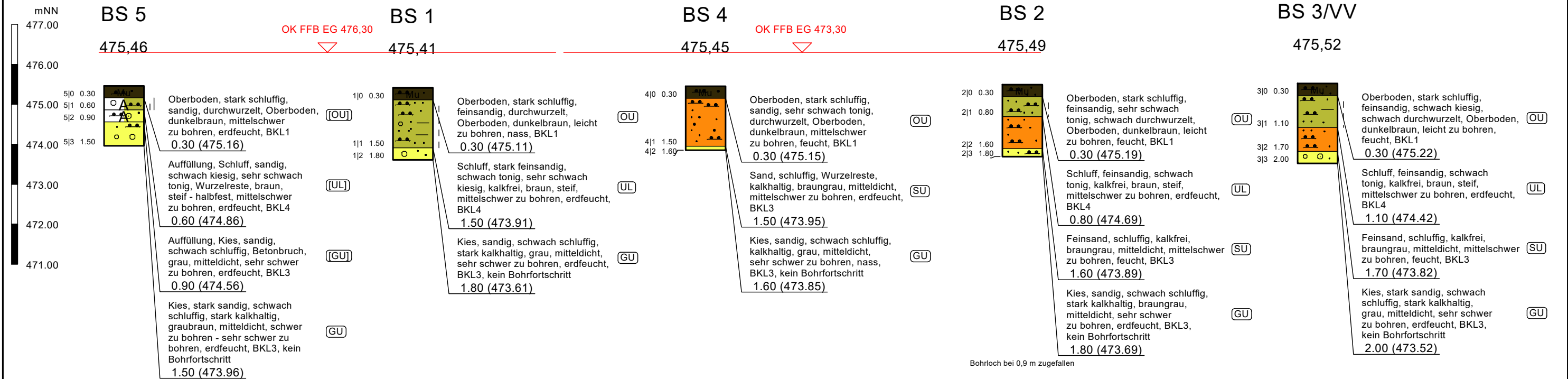
Lageplan	
Bauvorhaben	Kurz Immobilien GbR
Ort	83088 Kiefersfelden
Bearbeiter	Sarah Zörner
Auftragsnummer	-

Projekt-Nr.	41640-4015/163
Anlage	1
Datum	29.01.2024
Maßstab	1:500







DHH Nordwest

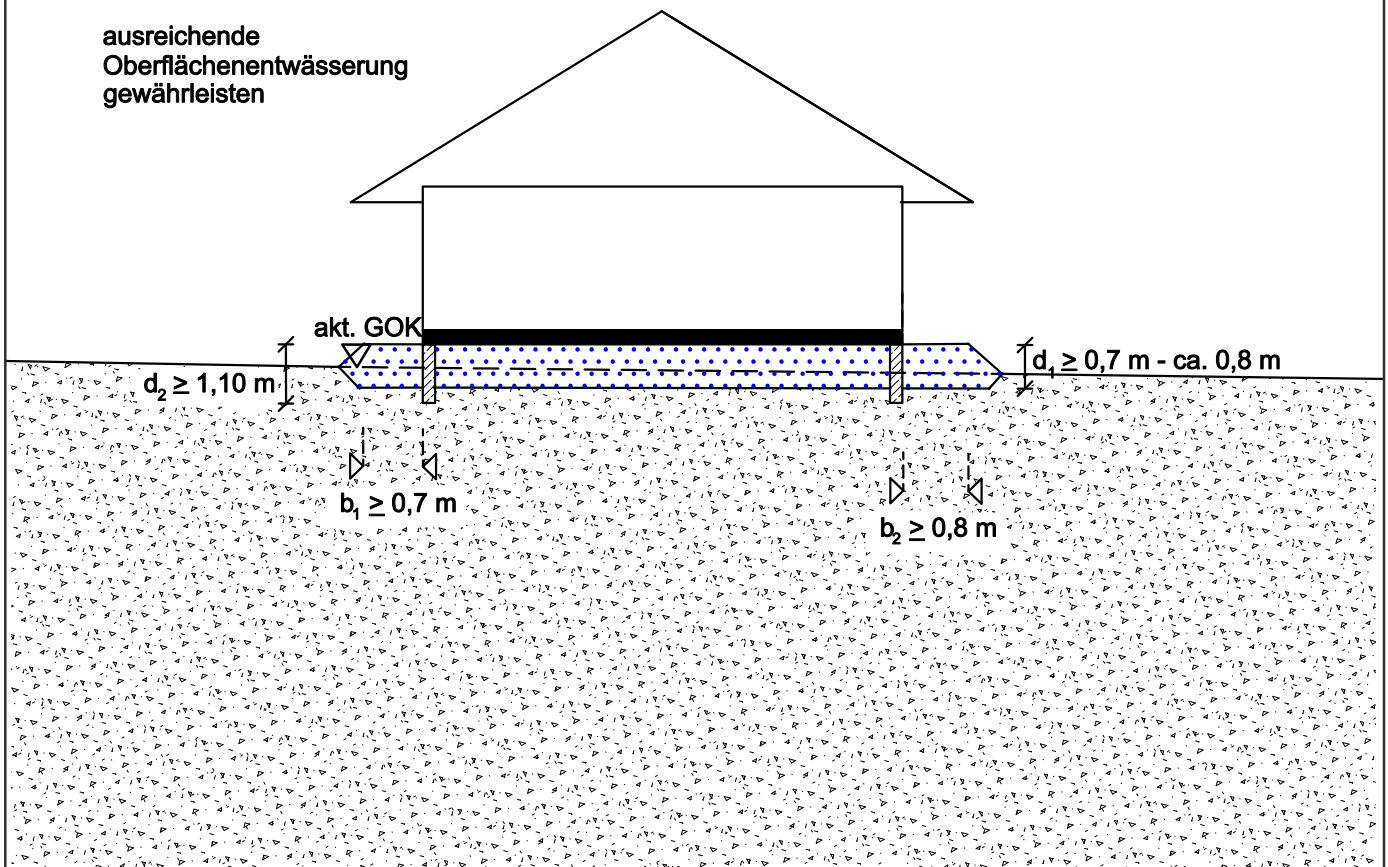
DHH Südost



Bauvorhaben	Kurz Immobilien GbR	Projekt-Nr.:	41640-4015/163
Ort	83088 Kiefersfelden	Anlage	2
Ausführung	clayton Umwelt-Consult GmbH	Bohrdatum	24.01.2024
Bearbeiter	Sarah Zörner	Maßstab	1:100

-  Bauteil (Abdichtung vgl. Kap. 6)
-  orig. Boden
-  Bettungspolster (vgl. Kap. 5)
-  Frostschürze (nicht lastabtragend)

ausreichende
Oberflächenentwässerung
gewährleisten



Gründungsskizze - keine Ausführungsplanung

Bauvorhaben	Kurz Immobilien GbR	Projekt-Nr.	41640-4015/163
Ort	83088 Kiefersfelden	Anlage	3
Bearbeiter	Sarah Zörner	Datum	29.01.204
Auftrags-Nr.:	-	nicht maßstäblich	



VERSICKERUNGSVERSUCH

Anlage 4

Projekt:	BV Kurz Immobilien GbR Spitzsteinstraße, D-83088 Kiefersfelden	Datum: 24.01.2024
Projekt- Nr.:	41640-4015/163	
Versickerungsversuch - Nr.: VV		
Versuchtyp:	Bohrrohrtest mit fallender Druckhöhe im Voll-/Filterrohr	
Höhe der Wassersäule im Bohrloch: h	1,50	m
Bohrlochradius:	0,025	m
Innenradius des Rohres:	0,021	m
Tiefe des Bohrloches:	2,00	m
Geländehöhe im Bereich von VV:	475,52	mNN

Wasser- säule	Vers.- Zeit	Absenkung	Wasserstand unter OK Rohr
h [m]	t [s]	[m]	[m]
1,500	0	0,000	0,500
1,300	31	0,200	0,700
1,100	67	0,200	0,900
0,900	112	0,200	1,100
0,700	164	0,200	1,300
0,500	234	0,200	1,500
0,300	340	0,200	1,700
0,100	575	0,200	1,900
1,500	600	0,000	0,500
1,300	632	0,200	0,700
1,100	674	0,200	0,900
0,900	714	0,400	1,100
0,700	774	0,600	1,300
0,500	837	0,800	1,500
0,300	941	1,000	1,700
0,100	1169	1,200	1,900
1,500	1200	0,000	0,500
1,300	1231	0,200	0,700
1,100	1272	0,200	0,900
0,900	1315	0,400	1,100
0,700	1377	0,600	1,300
0,500	1441	0,800	1,500
0,300	1539	1,000	1,700
0,100	1768	1,200	1,900

VV1.1	h_1 = Höhe der Wassersäule zur Zeit t_1 0,50 m h_2 = Höhe der Wassersäule zur Zeit t_2 0,30 m Δh = Höhendifferenz 0,20 m t = Zeit ($t_2 - t_1$) 106 s
VV1.2	h_1 = Höhe der Wassersäule zur Zeit t_1 0,50 m h_2 = Höhe der Wassersäule zur Zeit t_2 0,30 m Δh = Höhendifferenz 0,20 m t = Zeit ($t_2 - t_1$) 104 s
VV1.3	h_1 = Höhe der Wassersäule zur Zeit t_1 0,50 m h_2 = Höhe der Wassersäule zur Zeit t_2 0,30 m Δh = Höhendifferenz 0,20 m t = Zeit ($t_2 - t_1$) 98 s

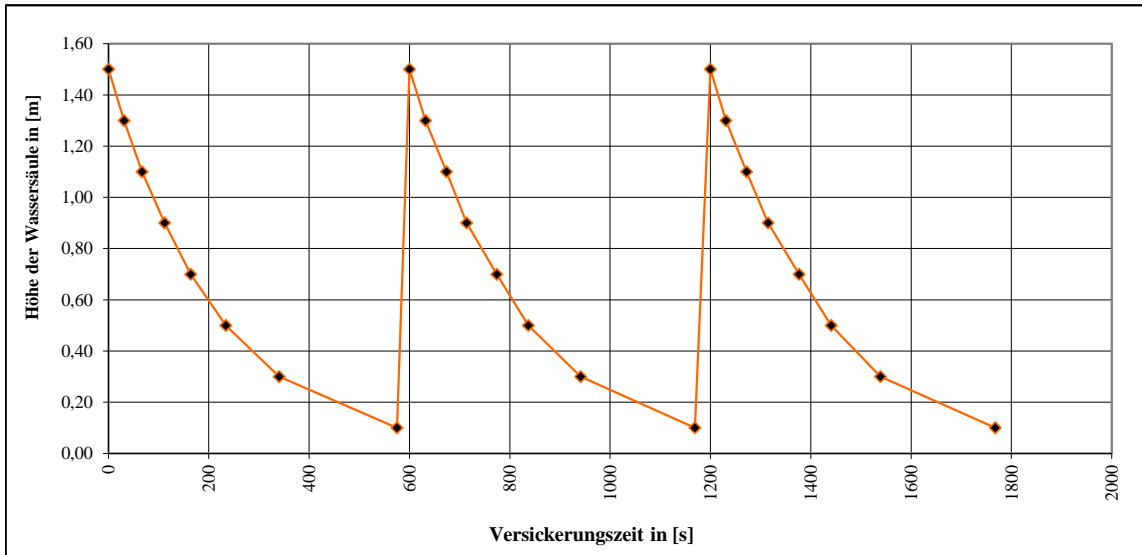




Abb. 1: Blick auf den überplanten Bereich, Blickrichtung Nordost



Abb. 2: Blick auf den überplanten Bereich, Blickrichtung Südwest